大阪地方の暴風の豫報問題 (第二報)*

金 家 鎮 汝

1. 再び氣壓傾度と風速との關係に就いて

W. J. Humphreys 氏は空氣密度 ρ を 1 杆上空の値 $\rho=0.0011$ と採り次式により傾度風速を計算した. (Physics of the Air p. 138, 635)

$$V = \sqrt{\frac{r}{\rho} \frac{dp}{dn} + (r\omega \sin \varphi)^2} - r\omega \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し r は風流線の曲率半径と略同一値⁽¹⁾, $\frac{dp}{dn}$ は氣壓傾度 (dynes/cm² 等壓線に直角に水平距離 1 厘米毎), ω は地球廻轉の角速度 ($=7.29 \times 10^{-5}$), φ は緯度を表はす.

低氣壓等が接近した場合は $\rho=0.0011$ 位に見積つても差支へはないが同表では傾度が $\frac{4 \text{ mm}}{100 \text{ km}}$ 以下で r も 100 km 以上に限られてある故, 此處に北緯 35° に於ける傾度風速を加算してその結果を第 1 表, 第 1 圖に示す.

諸第 2 圖に示す如く, 時間 $t=t_1$ の時に低心 C_1 は觀測點 O と r_1 km の距離にありて V km/h の速さで進行して dt 時間後, $t=t_2$ には C_2 に移りて r_2 km の所にあるものとし且つ O 點に於いて氣壓は t_1 より t_2 迄に dp mm だけ變化したとすると t_2 に於ける O 附近の氣壓傾度 G (ψ は

第 1 表 氣壓傾度と風速との表 (北緯 35 度に於ける値)

$\frac{\Delta P}{100 \text{ km}}$	mm	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	20.0
r km	0.2 Hg																
25	1.63	2.60	3.34	3.98	4.55	5.80	6.81	7.75	8.54	10.06	11.30	12.48	13.55	14.52	15.49	16.39	24.53
50	1.97	3.26	4.29	5.18	5.97	7.67	9.12	10.39	11.56	13.62	15.44	17.09	18.61	20.03	21.36	22.60	32.78
100	2.28	3.94	5.32	6.51	7.59	9.93	11.93	13.72	15.34	18.22	20.79	23.11	25.24	27.24	29.11	30.89	45.23
200	2.52	4.55	6.31	7.88	9.31	12.45	15.18	17.63	19.86	23.87	26.95	30.23	33.25	36.07	38.72	41.22	61.52
300	2.62	4.85	6.83	8.62	10.27	13.95	17.19	20.10	22.77	27.59	31.89	35.81	39.43	42.82	46.01	49.04	73.49
400	2.68	5.04	7.16	9.11	10.92	15.00	18.61	21.89	24.91	30.37	35.26	39.74	43.87	47.74	51.40	54.88	83.14
500	2.72	5.16	7.36	9.45	11.38	15.77	19.69	23.26	26.57	32.57	37.97	42.91	47.50	51.79	55.84	59.70	91.15
600	2.75	5.24	7.55	9.71	11.74	16.38	20.55	24.37	27.91	34.38	40.22	45.56	50.54	55.20	59.61	63.79	98.08
700	2.77	5.31	7.68	9.91	12.02	16.87	21.25	25.29	29.04	35.91	42.12	47.85	53.16	58.15	62.88	67.38	104.27
800	2.78	5.36	7.78	10.07	12.24	17.28	21.84	26.06	30.00	37.22	43.79	49.82	55.45	60.75	65.76	70.49	109.78
900	2.79	5.41	7.87	10.20	12.43	17.61	22.34	26.72	30.82	38.37	45.25	51.58	57.50	63.10	68.40	73.41	114.81
1000	2.80	5.44	7.94	10.31	12.59	17.90	22.77	27.30	31.55	39.38	46.54	53.16	59.36	65.15	70.67	75.97	—
1200	2.82	5.49	8.04	10.49	12.84	18.36	23.48	28.25	32.76	41.10	48.76	55.88	62.52	68.76	74.72	80.46	—
1500	2.83	5.55	8.16	10.68	13.11	18.88	24.27	29.34	34.15	43.11	51.42	59.12	66.32	73.21	79.74	86.31	—
2000	2.85	5.61	8.28	10.88	13.41	19.46	25.18	30.41	35.79	45.54	54.62	63.11	71.15	78.80	86.08	93.10	—
3000	2.86	5.67	8.41	11.10	13.73	20.11	26.22	32.10	37.76	48.54	58.70	68.32	77.50	86.28	94.67	102.78	—
∞	2.90	5.79	8.69	11.58	14.48	21.72	28.96	36.20	43.44	57.92	—	—	—	—	—	—	—

* T. Kinka: Some Problems concerning the Storm Prediction for the Oosaka District (2nd Paper).

(1) この量については詳細原文参照.

第 1 圖 氣壓傾度と傾度風速

第 2 圖 氣壓傾度移動說明圖

傾度方向)は次式にて與へられる.

$$\left. \begin{aligned} G &= \frac{dp}{V dt} \frac{\cos \frac{\theta_2 - \theta_1}{2}}{\cos \frac{\theta_2 + \theta_1}{2}} \times 111 = \frac{dp}{d_1 - d_2} \times 111 \\ \psi &= \left\{ \pi + \frac{(\theta_1 + \theta_2 + \varphi_1 + \varphi_2)}{2} \right\} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

(2) 式に於いて $(\theta_2 - \phi_1)$ が小なる場合は第一報⁽¹⁾に述べたる如く $G = \frac{\Delta p}{\rho \cos \theta} \times 111$ となり、又 $(d_1 - d_2)$ が正から負に變る如き場合は注意を要する。(第 3 表中 7^h の列参考) 第 2, 3, 5, 6 表中の氣壓傾度 $\left(\frac{\text{mm}}{111 \text{ km}}\right)$ は (2) 式により計算し第 4 表は作圖法によつて求めたもので傾度風速は何れも第 1 表第 1 圖から定め傾度風向は傾角がおしなべて 45° として求めたのである。第 2, 3, 4, 5, 6 表で分る様に颱風経路の東側では氣壓傾度も實際の風も順轉して而かも風速が漸次氣壓傾度に比して強まる傾向が見られ風速減衰度は風が順轉(時間と共に)するに従つて減小して居る。之は滯秀隆⁽²⁾氏の計算の一例證となるものであるが氣壓傾度が右轉する場合は左轉の場合よりも強力なる風を伴ふ事を以下計算して見たい。

今 x 軸を東, y 軸を北に取り氣壓傾度を次式で與へると

$$G_x = F_0(1 + a \sin pt) \sin ct, \quad G_y = F_0(1 + a \sin pt) \cos ct \dots\dots\dots (3)$$

運動方程式は次の如くなる.

$$\ddot{x} - l\dot{y} = -\mu\dot{x} + G_x, \quad \ddot{y} + l\dot{x} = -\mu\dot{y} + G_y, \quad \dots \dots \dots (4)$$

但し $l=2w \sin \varphi$ (轉向力に関する常數), μ は地面摩擦係數を意味す.

 $x+iy=v$ とおけば (4) 式は

$$\dot{v} + (\mu + il)v = i\Gamma_0[1 + a \sin pt]e^{-ict} \quad \dots \dots \dots (5)$$

(5) 式の解は

(1) 氣象集誌, 第 2 輯, 第 15 卷, 第 9 號, p. 364.

(2) 淵 秀隆：「不定常大氣運動論」氣象集誌，第2輯，第13卷，第5號，p. 207.

$$v = I_0 \sin ct \times f_1(pt) - I_0 \cos ct \times f_2(pt) + C e^{-\mu t} \cos lt \\ + i \{ I_0 \cos ct \times f_1(pt) + I_0 \sin ct \times f_2(pt) - C e^{-\mu t} \sin lt \} \dots\dots\dots (6)$$

$$\left. \begin{aligned} f_1(pt) &= \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c)^2} + \frac{a}{2} \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c+p)^2} \sin pt + \frac{a}{2} \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \sin pt \\ &+ \left\{ -\frac{a}{2} \frac{(l-c+p)}{\mu^2 + (l-c+p)^2} \cos pt + \frac{a}{2} \frac{(l-c-p)}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \cos pt \right\} \\ f_2(pt) &= -\frac{(l-c)}{\mu^2 + (l-c)^2} - \frac{a}{2} \frac{(l-c+p)}{\mu^2 + (l-c+p)^2} \sin pt - \frac{a}{2} \frac{(l-c-p)}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \sin pt \\ &+ \left\{ -\frac{a}{2} \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c+p)^2} \cos pt + \frac{a}{2} \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \cos pt \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

初期条件として $(\dot{x})_{t=0} = 0$, $(\dot{y})_{t=0} = V_0$ を與へると (6) 式より

$$C = V_0 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)_{t=0}, \quad I_0 = V_0 / (f_1)_{t=0} \dots\dots\dots (8)$$

(8) を (6) に代入して成分別に整理すると

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= V_0 \frac{f_1}{(f_1)_{t=0}} \sin ct - V_0 \frac{f_2}{(f_1)_{t=0}} \cos ct + V_0 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)_{t=0} e^{-\mu t} \cos lt \\ \dot{y} &= V_0 \frac{f_1}{(f_1)_{t=0}} \cos ct + V_0 \frac{f_2}{(f_1)_{t=0}} \sin ct - V_0 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)_{t=0} e^{-\mu t} \sin lt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

(7) 式に於いて p が小さい量とすると括弧内は消えて (10) 式を得る.

$$\left. \begin{aligned} f_1(pt) &= \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c)^2} + \frac{a}{2} \mu \sin pt \left\{ \frac{1}{\mu^2 + (l-c+p)^2} + \frac{1}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \right\} \\ f_2(pt) &= -\frac{(l-c)}{\mu^2 + (l-c)^2} - \frac{a}{2} \sin pt \left\{ \frac{(l-c+p)}{\mu^2 + (l-c+p)^2} + \frac{(l-c-p)}{\mu^2 + (l-c-p)^2} \right\} \\ f_1(pt) &\approx \frac{\mu}{\mu^2 + (l-c)^2} (1 + a \sin pt) \\ f_2(pt) &\approx -\frac{(l-c)}{\mu^2 + (l-c)^2} (1 + a \sin pt) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

又 $\mu = 0$ となる層を考へる場合は (7) 式より

$$\left. \begin{aligned} f_1(pt) &= \frac{p}{(l-c)^2 - p^2} \times a \cos pt \\ -f_2(pt) &= \frac{(l-c)}{(l-c)^2 - p^2} \times a \sin pt + \frac{1}{l-c} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

第一の場合として $\mu \neq 0$, p は小さい量とすると f_1, f_2 は (10) 式で與へられるから (9) 式は

$$\dot{x} = V_0 (1 + a \sin pt) \sin ct + \frac{(l-c)}{\mu} V_0 (1 + a \sin pt) \cos ct \quad \left\{ \right.$$

$$\left. \begin{aligned} & -\frac{(l-c)}{\mu} V_0 e^{-\mu t} \cos lt \\ \dot{y} = V_0(1+a \sin pt) \cos ct - & \frac{(l-c)}{\mu} V_0(1+a \sin pt) \sin ct \\ & + \frac{(l-c)}{\mu} V_0 e^{-\mu t} \sin lt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)$$

$$\{V/V_0(1+a \sin pt)\}^2 = 1 + \frac{(l-c)^2}{\mu^2} + \frac{(l-c)^2}{\mu^2} e^{-2\mu t}(1-2a \sin pt + \dots)$$

$$+ 2\frac{(l-c)}{\mu} e^{-\mu t}(1-a \sin pt + \dots) \left\{ \sin(l-c)t - \frac{(l-c)}{\mu} \cos(l-c)t \right\} \dots\dots\dots(13)$$

(13) 式で分る如く氣壓傾度が右轉 ($c = -c_1^2$) の場合は左轉 ($c = +c_1^2$) する場合よりも強力なる風を伴ふ事が明かである。大阪や室戸、潮岬・徳島等の如く北東風が順轉して南西風となる場合は逆轉する場合より地勢の関係上地面摩擦 (μ が小となる) が小となり、更に一層右轉の場合風力が強まるべきである。實際第 2, 3, 4, 5, 6, 8 表中の風速減衰度 (後節参照) が右轉するに従ひ減小して居るのは此の間の消息を物語るものと思はれる。

第 2 の場合として $\mu = 0$ とすれば (11) 式を (9) 式に代入して

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} = V_0 \cos pt \sin ct + V_0 \frac{(l-c)}{p} \sin pt \cos ct + V_0 \frac{(l-c)^2 - p^2}{a(l-c)p} (\cos ct - \cos lt) \\ \dot{y} = V_0 \cos pt \cos ct - V_0 \frac{(l-c)}{p} \sin pt \sin ct - V_0 \frac{(l-c)^2 - p^2}{a(l-c)p} (\sin ct - \sin lt) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

$$(V/V_0)^2 = 1 + \frac{(l-c)^2 - p^2}{p^2} \sin^2 pt + 2 \left\{ \frac{(l-c)^2 - p^2}{a(l-c)p} \right\}^2 \{1 - \cos(l-c)t\}$$

$$+ 2 \frac{(l-c)^2 - p^2}{ap^2} \cos pt \{1 - \cos(l-c)t\} + 2 \frac{(l-c)^2 - p^2}{a(l-c)p} \cos pt \sin(l-c)t \dots\dots\dots(15)$$

(15) 式で分る如く摩擦のない上層に於いても右轉の場合は左轉の場合よりも風速が強まる事になる。

2. 風 速 減 衰 度

傾度風速 (1) 式で與へられたもの) が V_g m/s なる時に地上では實際の風速は地面摩擦等で V m/s に弱められたとし次式にて定義される量を假りに風速減衰度 (κ) とする。

$$V = V_g(1-\kappa), \quad \kappa = 1 - \frac{V}{V_g} \dots\dots\dots(16)$$

第 2 表以下第 8 表中に示めされた各々の場合の風速減衰度は (16) 式にて定義された量にして場所によつても異なり風向によつても變る。又低心が該地點の北方を通過する場合と南側を通る場合とはその變り方が違ひ低氣壓の前面と後面とでも相異がある様である。大阪に於ける風速減衰度は第 4, 5, 6 表を見るに NE 寄りの風に對しては非常に大きく傾度風速の 8 割までも弱められて

第2表 昭和12年9月11日岡山の傾度風

日 時	氣 壓	颱心迄の距離 と 方 角	氣 壓 傾 度	傾 度 風	風速減衰度	實 測 の 風
th h m		°	°	°		
11 2	50.1	420 (205)	3.03 (205)	25.3 (70)	0.84	E 4.0
3	48.5	365 (205)	3.23 (205)	25.8 (70)	0.79	ENE 5.3
4	46.2	310 (207)	4.63 (207)	30.8 (72)	0.81	ENE 5.8
5	43.6	250 (210)	4.81 (210)	28.8 (75)	0.73	ENE 7.9
6	40.2	175 (216)	5.04 (216)	25.6 (81)	0.69	ENE 7.9
6 30	38.6	145 (217)	5.93 (217)	25.8 (82)	0.69	ENE 7.8
7	37.5	120 (221)	4.90 (221)	22.0 (86)	0.54	ENE 10.0
7 30	35.7	98 (226)	9.10 (226)	28.6 (91)	0.63	ENE 10.5
8	32.4	76 (230)	16.65 (230)	35.2 (95)	0.61	ENE 13.7
8 30	28.3	52 (237)	18.98 (237)	32.0 (102)	0.46	E 17.1
9	25.3	28 (256)	13.88 (256)	20.6 (121)	0.14	E 17.8
9 15	24.3	17 (284)	10.10 (284)	16.0 (149)	-0.06	S 17.0

第3表 昭和12年9月11日室戸の傾度風

日 時	氣 壓	颱心迄の距離 と 方 角	氣 壓 傾 度	傾 度 風	風速減衰度	實 測 の 風
th h m		°	°	°		
11 0	50.1	400 (218)	5.55 (218)	35.2 (83)	0.42	ESE 20.4
1	47.9	350 (220)	4.88 (220)	30.6 (85)	0.23	ESE 23.5
2	46.2	300 (222)	3.77 (222)	24.8 (87)	0.22	SE 19.3
3	4.7	250 (224)	7.75 (224)	36.0 (89)	0.30	SE 25.2
4	39.8	200 (233)	6.44 (233)	29.8 (98)	0.30	SE 20.9
5	37.6	150 (245)	4.88 (245)	22.0 (110)	0.23	SE 16.9
6	34.1	115 (278)	11.11 (278)	32.5 (143)	0.59	SSE 13.3
7	33.4	88 (301)	?			S 22.4
8	35.7	100 (322)	21.20 (322)	45.2 (187)	0.30	SSW 31.8
9	38.9	155 (342)	7.88 (342)	30.4 (207)	0.15	SW 25.8
10	40.6	200 (354)	4.20 (354)	23.1 (219)	0.08	SW 21.3
11	41.8	230 (5)	4.44 (5)	24.8 (230)	0.16	SW 20.7

第4表 昭和12年9月11日大阪の傾度風と風速減衰度

日 時	氣 壓	颱心迄の距離	氣 壓 傾 度	傾 度 風	風速減衰度	實 測 の 風
th h m			°	°		
10 22	56.0	655	3.8 (210)	ENE 30.4	0.83	NE 5.3
11 0	54.2	590	2.6 (207)	ENE 22.6	0.77	NE 5.2
1	53.1	540	(5.0) (210)	ENE 36.2	0.82	NE 6.3
2	52.1	495	5.2 (211)	ENE 36.4	0.84	NE 5.7
3	50.8	445	5.8 (208)	ENE 36.8	0.84	NE 5.9
4	48.9	390	6.2 (205)	ENE 36.2	0.80	NE 7.4
5	47.1	330	6.1 (216)	E 36.8	0.80	NE 7.2
6	44.7	280	6.9 (224)	E 36.8	0.76	NE 8.7
7	42.7	240	4.9 (243)	ESE 26.8	0.73	ENE 7.3
8	41.0	195	5.1 (239)	ESE 24.4	0.80	NE 4.8
9	40.0	166	5.6 (268)	SE 24.2	0.82	ESE 4.4
10	39.0	150	7.6 (304)	S 24.0	0.66	SE 8.3
11	39.8	139	5.9 (311)	S 22.4	0.41	S 13.3
12	40.3	147	4.6 (322)	S 20.4	0.41	SSW 12.3
13	40.9	176	4.0 (335)	SSW 20.6	0.21	SSW 16.3
14	41.1	210	3.8 (337)	SSW 21.2	0.11	SSW 19.0
15	41.3	240	3.7 (339)	SSW 22.0	0.22	SSW 17.1
16	42.6	285	2.7 (351)	SW 21.6	0.06	SSW 20.4
17	44.4	330	2.0 (13)	WSW 17.2	0.23	SSW 13.2
18	45.8	370	1.9 (7)	SW 16.2	0.31	SSW 11.3
19	46.8	406	1.8 (85)	NW 15.6	0.41	SW 9.2
20	48.0	446	1.5 (70)	WNW 14.9	0.45	SW 8.2
21	48.6	475	1.8 (85)	NW 16.4	0.62	SW 6.3
22	49.1	508	1.2 (88)	NW 12.8	0.65	WSW 4.5
23	4.96	540				SW 5.7
24	49.8	570				W 4.1

第 5 表 昭和 9 年 9 月 21 日の風速減衰度
(氣象集誌, 第 2 輯, 第 15 卷, 第 9 號, p. 365, 第 6 表参照)

日 時	木 津 川 尻 の 風	r(km)	傾 度 風	風速の 減衰度
20 18	NE (3.2)	730	E 14.0	0.77
24	ENE 3.6	475	SE 23.0	0.84
21 02	E 3.6	420	ENE 20.0	0.82
04	NE 7.4	240	ENE 24.4	0.69
06	ENE 5.9	118	ENE 26.4	0.78
07	E 8.9	(70)	E 28.0	0.68
7 30	S 12.9	(50)	SE 23.8	0.46
08	SSW 41.0	(50)	WSW 43.0	0.05
8 30	SSW 36.2	(60)	WNW 31.2	-0.15
09	SW 28.9	107	SW 30.8	0.06

第 7 表 大阪地方の風向別風速減衰度

風 向	平均減衰度	回 数	平 均
NE	0.761	18	0.76 (陸風)
ENE	0.752	2	
E	0.682	1	
ESE	0.816	1	
SE	0.655	1	
S	0.433	2	0.28 (海風)
SSW	0.161	9	
SW	0.384	4	
WSW	0.384	7	

第 6 表 大正元年 9 月 23 日の風速減衰度

日 時	大 阪 風 速	陸心迄の 距離 (km)	傾度風速	風速の 減衰度
22 22	NE 7.8	350	33.0	0.79
23	NE 5.5	300	26.0	0.79
24	NE 8.8	230	27.0	0.67
23 01	NE 9.0	165	25.0	0.64
02	NE 10.1	110	32.0	0.68
03	NE 16.1	80	38.2	0.58
04	NE 5.6	90	18.0	0.69
05	WSW 23.8	140	24.4	0.06
06	WSW 23.9	200	32.4	0.26
07	WSW 21.4	290	34.2	0.37
08	WSW 16.8	350	27.6	0.39
09	WSW 14.8	430	24.4	0.39
10	WSW 10.3	500	22.6	0.55

居るが S 寄りの風の時は大分小さくなり SW 寄りの風に對しては僅かに 2, 3 割弱められて居るに過ぎず, NW 風になると再び又増して居る. 第 7 表の如く北東寄りの陸風に對しては平均として $\kappa=0.76$, 南西寄りの海風(海陸風の意味でない)に對しては $\kappa=0.28$ と大體

見てよい. 此の値は低心が大阪の北方を通過する場合のみである故に低氣壓の南東象限の南西風に場の風が多分に加はつた事も多少影響されたものであらうが, それにも増して大阪の地形が然らしめたものと考へるべきであつて, 大阪地方の暴風は北東寄りの風には少なく大部分は南西寄りの風で占められて居る事實と對照して興味深い所がある. 又第 4, 5, 6 表中の傾度風向(傾角を $\frac{\pi}{4}$ とす)と實際の風向とを對照して見るに, 氣壓傾度より察して NW 風となるべき時では SW 風に變り, E 又は ENE の風となるべき時でも NE 風に變つて大阪に於いては北東寄りの風と南西寄りの風との二群に分かれて吹いて居る事が窺はれて一定の傾角は求め難い. 之等は既に第 1 報にも詳述した所である. 第 2, 3 表を見ると岡山並びに室戸の風速減衰度は颯心が近づくにつれて減小して居るが今の所 κ と r (中心距離) との關係は明らかでない. 之は岡山も室戸も風向が地面附近の摩擦が小なる方向へ變つた爲と解釋されよう.

本調査の範圍外ではあるが岡山では ENE 風よりも S 又は SE 風が割合に強まり, 室戸に於いては海上から吹いて來る風に對しては概して κ が小にして其の値は大阪の南西寄りの風の場合と略等しく, 殊に SW 寄りの風の場合は傾度風速に近い風が吹くものと見られる. 室戸の場合に(第 3 表参照) SSE 風が頭抜けて κ が大きいのは恐らく岬の地形上岬の東西兩側の氣流が亂れて風力が弱まつたものであり此の傾向は常に見られる様である.

3. 昭和 12 年 9 月 11 日の颱風と風速減衰度の分布及びその變化

第 3, 4, 5 圖 (本文に省略) は 9 月 11 日の 6^h, 9^h, 12^h の等壓線で之によつて氣壓傾度 (氣壓差 2 耗間の距離から求めた) を求め第 1 圖から傾度風速を定めたのが第 8 表である. 等壓線の引き方によつて氣壓傾度の推算は多少違つて来るから此の表では勿論嚴密な議論は期待されない. 表中の風速減衰度は (16) 式の κ を意味し個々の値を各時刻に於ける颱風との相對位置を考慮してすべて 9^h の颱風を中心にして集合したものが第 6 圖で記入數字は 3 回 (6^h, 9^h, 12^h) 平均値に對する百分率を示すものである. 風速減衰度は所によつて著しく變る故に之を同一圖に示しても無意味ではあるが第 6 圖と第 8 表で大體認められる傾向は、颱風の南東象限に於いては κ が最も小にして、換言すれば觀測された風が強まつて居るが低氣壓の前面又は後面では割合 κ が大にして (風弱い事) 又北西象限では颱風に極めて近い所では κ が小であるが遠くなると大きくなつて居る事である.

第 6 圖 昭和 12 年 9 月 11 日
風速減衰度の變化

第 8 表 昭和 12 年 9 月 11 日の風速減衰度の分布及び變化

地 名	中 心 距 離 (浬)			傾 度 風 (括弧内は風向)			風 速 減 衰 度		
	6 ^h	9 ^h	12 ^h	6 ^h	9 ^h	12 ^h	6 ^h	9 ^h	12 ^h
潮 岬	254	236	310	32.6 (133)	37.0 (165)	32.2 (183)	0.43	0.52	0.48
室 戸	106	149	290	24.6 (135)	26.2 (210)	27.2 (229)	0.46	0.02	0.22
高 地	50	115	271	20.2 (121)	25.2 (223)	24.6 (231)	0.08	0.64	0.87
和歌山	216	146	206	24.4 (110)	30.7 (155)	22.2 (185)	0.77	0.51	0.36
徳 島	155	97	204	26.4 (100)	34.4 (190)	23.8 (181)	0.27	0.09	0.52
多度津	109	39	196	30.8 (85)	21.0 (216)	23.6 (227)	0.69	0.24	0.57
津	350	258	236	33.6 (115)	28.6 (120)	26.8 (145)	0.61	0.25	0.43
龜 山	352	258	228	33.6 (115)	28.6 (120)	26.4 (145)	0.79	0.55	0.63
大 阪	260	161	165	33.2 (89)	21.2 (133)	23.0 (187)	0.73	0.79	0.67
神 戸	240	136	160	27.6 (75)	29.0 (130)	24.6 (213)	0.30	0.53	0.36
岡 山	158	25	142	28.4 (85)	18.4 (109)	28.8 (208)	0.72	0.03	0.69
京 都	308	200	166	33.2 (89)	28.6 (125)	25.2 (175)	0.81	0.80	0.81
八 木	282	198	205	30.8 (115)	24.7 (135)	25.0 (185)	0.86	0.94	0.71
松 山	50	118	271	21.2 (9)	24.1 (255)	28.8 (250)	0.57	0.73	0.73
廣 島	120	113	240	26.5 (15)	26.0 (305)	28.6 (277)	0.37	0.67	0.87
境	232	111	107	27.3 (52)	30.6 (25)	26.0 (324)	0.62	0.49	0.68

第 8 表及び第 6 圖中に津、龜山では 9^h に κ が小となつて居るのは伊勢灣から吹く風の爲であり、室戸の 6^h の κ が大なるのは前述の如く丁度 SSE 風であつた爲と思はれ、神戸では E 風で κ が小さくなつて居る. 特に注意すべきは颱風経路の東側に當る各地 (岡山, 多度津, 高地, 徳島, 室戸, 大阪, 和歌山等) では風速減衰度は颱風が接近するに従ひ漸次減小し, 該地點が颱風の南東

象限に入つてから多く強い南西風が吹き、颱風の眞南より後面へ行くと却つて κ が増大して居るし、其れに對して西側にある各地（松山、廣島、境等）では寧ろ颱風の北西象限にある時には κ が小にして後面に入ると大きくなつて居る事であつて前者は氣壓傾度も實際の風も右轉する場合で、 κ が時間と共に減小し後者は逆轉する場合で、 κ は時間と共に増大する傾向がある事を呈示するものと思はれる。之には勿論各地の地形による風向風速の癖が與つて力があり、又「颱風の南東象限には場の風（一般氣流）が加合し易い」と云ふ堀口博士の御意見で充分説明が出来るのである。

以上の議論は此の颱風にのみ限られた現象か否かは斷言出来ないが颱風経路が之と似て大阪の北側を通過する場合に對しては、少くとも大阪に於ける暴風に關する限りは、之と大同小異であらうと思はれる。

4. 昭和 12 年 9 月 11 日の颱風に就いて

昭和 12 年 9 月 11 日各地で觀測された風向風速を各時刻の颱風心との相對位置⁽¹⁾に記入し、すべて 10^h の颱風心に集結すれば第 7 圖の如くになり颱風附近の氣流の様子が推察し得る。此の圖で分る事は目醒しい不連續線も副低氣壓もなく單一なる渦動⁽²⁾であつた事で Goldie 等が唱へる如き中心の南方に存在する發散線は認められない上に颱風内域⁽⁴⁾に於いても氣流は一樣に收斂して居つて傾角が或る中心距離から不連續的に變つて居る事も認められない。颱風が本邦に上陸⁽³⁾してからは往々にして不連續線や副低氣壓を伴ひ時には雷雨を誘發する事もあるが此の颱風は全く堀口博士の颱風構造論に合致する構造を上陸してからも保持した様に思はれる。（確言は出来ない）

第 7 圖 昭和 12 年 9 月 11 日 10 時
颱風心附近の風流線

以上は主に風向に就いて考へたのであるが風速の分布及び變化をも考へねば構造は分らない。第 7 圖（記入數字は氣温を表はす）で見ると E, ENE, NE, NNE, N の風が吹いて居る區域（圖中點線 CW の北側）では未だ概して風力も割合に弱く氣温も低いが ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W の風が吹いて居る區域では風力も強く概して氣温が高いから假りに前者の場合の氣流を「古い氣流」(old cold air) とし後者の場合の氣流を「新しい氣流」(fresh warm air) と稱して區別する事にする。之は颱風が此等二系の氣流によつて成立つものとするのではなく風速變化を取扱ふ

(1) Goldie: Kinematical features of depressions. p. 17, Geophys. Mem. No. 72, 1937.

(2) Y. Horiguti: The structure of typhoon. (岡田記念論文集 (歐文)).

(3) 岡田武松著 氣象學上卷.

(4) 堀口由巳: 「颱風の内域」 海と空. 第 14 卷, 第 3 號, p. 91.

便宜上區別するに過ぎない。

風速の分布及び變化から見た颱風構造に關する考へ方は次節に述べる。

5. 暴風時に於ける風速の時間的變化

第 8 圖は木津川尻にて觀測された風速及び氣壓傾度と颱風中心距離との關係を表はすものにして風速の變化は *ABCDEF* にて示し傾度の變化は *abcdef* で表はして居る。「古い氣流」(北東寄りの風)に關しては圖の如く大阪より颱風が 600 km の距離に入つた頃から 300 km 位迄に接近する間は殆んど *AB* 直線的に風速が増してそれより更に接近すると一時的ではあるが却つて風速は減少して *BC* 直線に沿ひて變化し所謂嵐の前の静けさを感じしめたのであるが颱風が最も接近した前後に於いて急に「新しい氣流」に變りて風が飛躍的に *C* から *D* へ激増しそれから益々風力強まりて颱風が大阪の經度を通過して間もなく最大風速 *E* 點に達したがそれから先は颱風が遠ざかるに従ひ風速は弱まる一方であつた。要するに大阪では風速の時間的變化(又は中心距離に對する變化)は一般には非對稱的であつて颱風通過後に強力なる風が長く吹走する事が多い。

第 8 圖 昭和 12 年 9 月 11 日大阪の風速
(氣壓傾度)と中心距離との關係

第 8 圖に於いて中心距離 300 km 以内では略直線的に風速が減じて居るのは Goldie⁽¹⁾ 氏が唱へる如き中心距離 300 km 以内は Spin vortex の構造を爲して居るとの考へ方よりも寧ろ氣壓分布が $r=300$ km 邊りで密になつてそれより中心へ入るにつれては漸次疎になつて居たか又は大して變化しなかつた事や地形の影響等によつたものと考へるべきであらう。

上述の如き風速の時間的變化は大阪の北側を通る颱風に對しては、個々の場合に或る程度迄の類似性が存するのではないかと思はれ、且つ颱風が大阪に一層近く通る場合は第 8 圖に於ける *BC*, *CD*, *DE* が一層短くなつて、室戸颱風の如く極く大阪市近邊を通過すると *C*, *D* は殆んどその影を没して *B* から急に *E* へ飛躍するものらしく(第 5 表参照)又大正元年 9 月 23 日の颱風は此の點に關して室戸颱風程急激でなかつた様である(第 6 表参照)。此の關係を今少し調べる爲に本調査範圍外ではあるが第 9 圖並びに第 10 圖に室戸と岡山との風速、氣壓傾度の時間的變化を圖示した。

第 9 圖で分る事は水野保⁽²⁾氏が既に調査された如く室戸の暴風は岬の東側と西側との方向から

(1) Goldie: Kinematical features of depressions. p. 10, Geophys. Mem. No. 72, 1937.

(2) 水野 保氏:「室戸の暴風」天氣と氣候、昭和 11 年 11 月號。

第 9 圖 昭和 12 年 9 月 11 日室戸の風速
(氣壓傾度)と中心距離との關係 第 10 圖 昭和 12 年 9 月 11 日岡山の風速
(氣壓傾度)中心距離との關係

吹いて来る風で大部分を占められ最強風は後者の風であつて時間的變化は非對稱的である事である。此

の場合にも中心距離 200~300 km 以内では風速が中心距離に比例して減じて居るが之も岬の影響等の爲であつて颱風構造に逆言ひ及ぼすべきものではない。

第 10 圖では ($r=200\sim300$ km 附近即ち 5^h から 6^h の間に風速が急に弱まつた所¹⁾は認められる) 第 8 圖第 9 圖とは傾向を異にして中心距離 300 km 附近迄は風速は略直線的に増してそれから先は二次曲線的に強まつて居るが極く中心に近い所では風速も氣壓傾度も減小して居つて風速の時間的變化は大阪や室戸と反對に大體對稱的か或は最強風起時以後の變化が急降の坂を辿つて居るものと見られる。

大阪の風速の時間的變化から考へて暴風豫報上注意すべき事は第 8 圖の如く漸次強まりつつあつた北東寄りの風が急に衰へ始めたならば颱風は餘程接近して(最短距離を標準として)數時間以内に暴風が吹き出すものと考へて大した誤りはなく且つ颱風経路が大阪に近ければ近い程暴風は(最強風速も同様)早く急激に起るものと考へてよい。

6. 暴風時に於ける風速と氣壓との關係

第 10 圖第 11 圖は、氣壓と風速との關係を示したものであるが、第 8, 9 圖と對照して見るに類似して居る所が多い。

大阪(室戸も類似)の如く風が地形の影響を著しく受けて居る所では(第 7 表参考)氣壓が降下するに従つて最初は北東寄りの風が幾分強まるが颱風が餘程接近してからは(「古い氣流」の末期)氣壓が降下しても一時風は反つて弱くなり最低氣壓に達してから又風速が急に強くなつて最大風速は最低氣壓起時より遅れて起る場合が多いが岡山では(第 10 圖參照、颱風が極く近くを通つた場合)最低氣壓起時迄は(第 10 圖中 AB)氣壓が降下するに従ひ直線的に風速が増し又最低氣壓起時以後も氣壓が高まるにつれて略直線的に風速が減少して居る。尤も 740 厘以下は二次曲線的關係に近い。

(1) 岡山測候所。昭和 12 年 9 月 11 日、颱風報告、第 3 圖。

第 11 圖 昭和 13 年 9 月 11 日
風速と氣壓との關係 第 12 圖 大阪灣附近に颱風が襲來せる場合に於ける
最大風速と最低氣壓との關係

風速 (v) と氣壓 (p) との關係は場所によつても颱風經路によつても異なるであらうが、若し單一なる渦動と看做せる圓形低氣壓の場合にして流線の曲りや加速度を

無視し得る時は Goldie 氏が取扱つた様に $v \propto \frac{dp}{dr}$ として一般に $p = cv^2 + c'$ (c, c' は常) の式で表はせるが、之では説明し難い程大阪や室戸・岡山等では地形の影響が織込んで居り、颱風が高緯度に来ると大分變形されて最初の假定を充たさない。第 9 表は大阪灣附近に襲來し相當の災害を與へた顯著颱風⁽¹⁾につき最大風速及びその起時と最低氣壓及びその起時を表示したもので圖示すると第 12 圖の如く、最大風速は最低氣壓と關係を持ち大阪灣近邊を颱風が襲來して氣壓が 740 mm 位に降ると最大風速は強風乃至烈位になり 730 mm 位の場合は烈風以上、更に 720 mm 以下に降る

第 9 表 大阪地方の顯著暴風時に於ける最大風速と最低氣壓

年 月 日	最 大 風 速	最 低 氣 壓	年 月 日	最 大 風 速	最 低 氣 壓
1 1911. VI. 19	SSW 21.1 (6)	733.2 (5)	16 1923. K. 1	WSW 11.2 (5)	748.6 (1)
2 1911. VII. 16	S 19.1 (5 30)	739.4 (5)	17 1924. K. 12	WSW 14.3 (9)	950.0 (6)
3 1912. VII. 24	SSW 15.4 (10)	751.6 (7)	18 1924. K. 29	NE 12.8 (12)	746.2 (6)
4 1912. K. 23	WSW 25.9 (5 45)	715.3 (3 30)	19 1925. VII. 17	SW 18.8 (7)	732.7 (5)
5 1912. X. 2	ENE 10.1 (11)	751.3 (16)	20 1925. K. 18	SW 9.7 (7)	749.5 (5)
6 1913. X. 3	NNE 25.0 (18 15)	743.5 (17 30)	21 1927. K. 14	W 8.9 (12)	748.7 (1 42)
7 1914. K. 14	WSW 10.7 (20)	750.6 (15)	22 1929. VII. 15	SW 14.5 (18)	741.2 (16 30)
8 1915. VII. 5	ENE 14.3 (2 30)	739.8 (5)	23 1931. X. 13	NE 12.7 (12)	745.8 (17)
9 1915. X. 8	SW 15.1 (6)	738.1 (0)	24 1933. X. 20	SW 16.1 (13)	739.6 (13)
10 1917. X. 11	W 13.1 (4)	741.5 (2)	25 1934. VI. 20	SW 14.5 (14)	750.0 (14 15)
11 1918. VII. 30	WSW 13.4 (9)	738.0 (6)	26 1934. K. 9	SW 10.2 (9)	748.4 (8 20)
12 1918. K. 14	NE 12.1 (11)	735.9 (19)	27 1934. K. 21	S 48.4 (8 10)	714.4 (7 57)
13 1921. VII. 27	WNW 18.2 (3 50)	742.2 (3 40)	28 1935. VII. 29	W 15.1 (9)	739.1 (7 24)
14 1921. K. 26	W 25.0 (2 20)	729.3 (1 20)	29 1935. K. 10	WSW 13.3 (4)	752.9 (1 25)
15 1923. VI. 22	SW 14.0 (11 30)	740.9 (9)	30 1935. K. 25	W 12.2 (14)	742.9 (5 08)

(1) 氣象集誌. 第 2 輯, 第 15 卷, 第 9 號, p. 357.

場合は颶風になる事が大體考へられる。而して最大風速の起時は大部分最低氣壓起時よりも 30 分乃至 2 時間位遅れて起り稀に颶風が土佐沖にある場合に起る北東寄りの暴風の時は（颶風が大阪の南方を通過する場合）最低氣壓起時よりも數時間前に最大風速が起つた事があつた。

7. 暴風時に於ける風の緩張度と瞬間最大風速

暴風による災害を考へる上に於いて瞬間最大風速の豫測は重要な事柄であるが市街地に於ける風の緩張度⁽¹⁾は場所、風向、風速、時刻、遞減率等に依つて可成りの相異がある故に假令へ最大風速（20 分間平均風速）の豫測が確實であつても市内の建築物や交通機關等に幾何の瞬間最大風壓が作用するかは豫測し難い。本報では昭和 12 年 9 月 11 日暴風時に於ける勝山通（測候所）並びに木津川尻飛行場の觀測値と自記紙より緩張度と瞬間最大風速（ダインス風壓計による）を計算し（第 10 表参照）前の調査と對照して見る。

第 10 表 昭和 12 年 9 月 11 日大阪に於ける暴風觀測

日 時	木津川尻の風	木津川尻の緩張度	通山通の風	通山通の緩張度	勝山通の瞬間最大風速	神津村の風
10 22 th	NE 5.3	0.45	—	—	—	NE 6.3
24	NE 5.2	0.44	NE 4.3	—	—	NE 7.8
11 01	NE 6.3	0.37	NE 6.3	0.38	8.5	NE 7.5
02	NE 5.7	0.33	ENE 5.9	0.26	8.6	NE 7.5
03	NE 5.9	(0.46)	NE 7.4	0.31	9.4	NE 8.3
04	NE 7.4	0.34	NE 7.4	0.33	10.6	NE 8.3
05	NE 7.2	0.38	NE 7.9	0.34	9.2	NE 7.5
06	NE 8.7	0.36	NE 8.3	0.30	11.2	NE 9.7
07	ENE 7.3	0.40	NE 7.6	0.26	9.7	NE 11.7
08	NE 4.8	0.40	NE 3.7	—	—	NE 8.7
09	ESE 4.4	0.39	ESE 3.8	—	—	ENE (8.3)
10	SE 8.3	0.33	SSE 5.4	0.34	7.3	E 11.3
11	S 13.3	0.39	S 9.9	0.35	14.6	SE 11.3
12	SSW 12.3	0.27	SSW 10.2	0.38	13.3	SSE 14.7
13	SSW 16.3	0.24	SSW 7.8	0.47	13.9	SSE 17.5
14	SSW 19.0	0.26	SSW 8.2	0.40	15.0	S 16.7
15	SSW 17.1	0.25	SSW 12.4	0.41	19.2	SSW 16.7
16	SSW 20.4	0.25	SW 14.5	0.48	22.8	SW 18.3
17	SSW 13.2	0.22	SW 9.9	0.46	15.0	SW 12.5
18	SSW 11.3	0.30	SSW 7.4	0.46	11.0	SW 9.2
19	SW 9.2	0.27	SSW 6.8	0.45	11.0	SW 8.3
20	SW 8.2	0.25	SW 4.1	—	—	WSW 5.8
21	SW 6.3	0.19	SW 3.8	—	—	WSW 5.0
22	WSW 4.5	0.10	WSW 2.9	—	—	SW 3.3
23	SW 5.7	0.22	WSW 4.1	—	—	NW 3.8
24	W 4.1	0.30	W 3.8	0.60	6.1	NW 5.3

第 10 表を見ると木津川尻の緩張度は北東寄りの風に對しては $g=0.39$ (22^h より 8^h 迄の平均値) 南西寄りの風に對しては $g=0.24$ (12^h より 23^h 迄の平均値) であるのに反して勝山通では北東寄りの風では $g=0.31$ (1^h より 7^h 迄の平均値) で南西寄りの風では $g=0.44$ となり大體に於いて前の調査と傾向が同じであるが概して緩張度が小であつたのは此の日は大阪地方の氣流が總じて齊一

(1) 筆者：「大阪の風の緩張度と瞬間最大風速に就いて……」 氣象集誌. 第 16 卷, 第 4 號. p. 164.

であつた事を想はせる。

勝山通附近の瞬間最大風速 (W_M) と緩張度 (g) は平均風速 V なる時は前の調査から

$$W_M = 2.0 + 1.65(V - 2), \quad g = 0.575 \left(1 - \frac{1}{V}\right) \quad \text{南西寄りの風の場合} \dots\dots\dots (17)$$

$$W_M = 2.0 + 1.4(V - 1.6), \quad g = 0.432 + \frac{0.152}{V} \quad \text{北東寄りの風の場合} \dots\dots\dots (18)$$

(17), (18) 式は第 10 表を参照するに未だ満足すべきものではないが大體の傾向は分る。即ち第 10 表で見る如く勝山通に於ける瞬間最大風速は平均風速が SW 14.5 m/s (16^b) なる時に 22.8 m/s となり平均風速が NE 8.3 m/s (16_b) の時は 11.2 m/s となつて何れも (17), (18) 式にて計算した値に極めて近い。尙大阪市の北西方にある神津村 (飛行場内の観測値) に於ける風を見るに (第 10 表第 7 行参照) 市内の風速分布には従はず風力も案外強く風向も多少異つて居る事が分る。

8. 再び暴風時に於ける市内風速分布 (高さ 50 米) に就いて

第 1 報に於いて取扱つた風速の高さによる變化を表はす式は高さ 30 米以上には適用し難い故に再び高さ 30 米迄は (19) 式⁽¹⁾により高さ 50 米迄は (20) 式によつて高さの補正係数 (p) を計算し直して第 11 表に示した。

第 11 表 市内各観測所の或る高さに風速を換算する係数

観測所 換算すべき 高さ	鶴 町	木津川尻	堂 島	衛生 試	勝 山 通	港 門
5 m	0.903	0.818	0.739	0.810	0.789	0.880
10	1.026	0.930	0.840	0.921	0.897	1.000
15	1.098	0.995	0.899	0.985	0.960	1.007
20	1.149	1.042	0.941	1.032	1.005	1.112
25	1.190	1.079	0.974	1.068	1.041	1.160
30	1.221	1.107	1.000	1.096	1.067	1.190
50	1.448	1.313	1.186	1.300	1.265	1.411
風力計の高さ (米)	8.8	15.7	30.0	16.6	19.4	10.0

$$u_z/u_1 = \log \left(\frac{\alpha z}{z_1} + 1 \right) / \log(\alpha + 1) \dots\dots\dots (19)$$

但し $u_z = z$ の高さに於ける風速, $u_1 = z_1$ なる基準點の風速, $\alpha = 360$ とする

$$u_z/u_1 = \sqrt[3]{\frac{z}{z_1}} \dots\dots\dots (20)$$

市内と海上 (大阪港) とは風速の垂直變化が幾分異なり又氣温の遞減率等により (19) 式の α は變る常數であるが茲では之等を無視する。

(1) O. G. Suttén: The logarithmic law of wind structure near the ground. Q. J. R. Met. Soc. Vol. 62, 1936, p. 126.

(2) 淵 秀隆氏: 中央氣象臺無線塔測風報 氣象集誌. 第 2 輯, 第 10 卷, 第 7 號, p. 423.

大阪港門と鶴町との風速 r (比南西寄りの風) は第 1 報に於いては平均値 0.77 を假定したが之は第 13 圖で明らかなる如く風速によつて變り南西風が 20 m/s 以上の時は大體 $r = \frac{v}{V} = 0.65$ 位に見積るのが至當であらう。

第 13 圖 鶴町と港門との風速比の風速による變化 (南西寄りの風)

第 14 圖 大阪市附近の高さ 50 米に於ける風速分布 (南西寄りの風にして烈風以上の場合)

昭和 10 年 2 月 4 日の 16^h, 17^h と昭和 9 年 9 月 21 日の 8^h, 9^h, 10^h とに於ける大阪市内の各観測値 (本誌第 15 卷第 9 號 p. 367 参照) より高さ 50 米層に於ける市内風速分布式を最小自乗法で求めると次式を得る。

$$\frac{v}{V} = r = e^{-0.088D} [\pm 0.029] \dots\dots\dots (21)$$

但し r は港門より D km の距離にある市内の風速 v の港門風速 V に對する比を表はし南西寄りの烈風以上の場合に適用される。

30 米, 20 米, 10 米夫々の高さに於ける分布も上式で大體表はされる。

終りに際し本調査は日本學術振興會災害科學研究所第一部に於いて和達先生の指導の下に行はれつつあるもので同先生に心から感謝し, 尚岡山, 徳島, 八木, 津, 潮岬の各測候所に對しては観測材料を頂いたことを此處に深謝する次第であります。

(昭和 12 年 10 月 於中央氣象臺大阪支臺)